



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

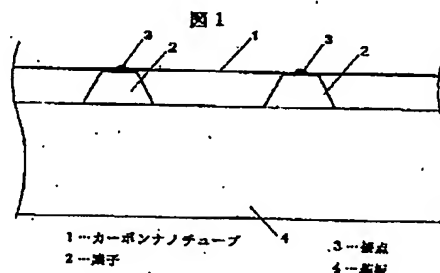
(11) Publication number: **2003077923 A**(43) Date of publication of application: **14.03.03**

(51) Int. Cl.

**H01L 21/3205****H01L 23/52****H01L 23/538**(21) Application number: **2001269834**(22) Date of filing: **06.09.01**(71) Applicant: **NIPPON TELEGR & TELEPH  
CORP <NTT>**(72) Inventor: **HONMA YOSHIKAZU  
OGINO TOSHIRO  
KOBAYASHI YOSHIHIRO****(54) WIRING BETWEEN ELEMENT****(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To form wiring between elements by using carbon nanotube, which, regardless of an ultra fine scale diameter of the order of nanometers (nm), has a structure where its length is not limited and has a very high mechanical strength, and which exhibits either metal or semiconductor electrical conductivity in response to structures and/or diameters.

**SOLUTION:** The wiring between elements, which are connected electrically between two or more fine elements (2) formed on a substrate (4), in a state not to come in contact with the substrate (4), using carbon nanotube (1) in the shape to float and to be stretched. In addition, by forming an insulating layer on the substrate, the wiring between elements, which are connected electrically between two or more fine elements formed on the insulating layer, can be formed using carbon nanotube in the shape to creep on the insulating layer.



COPYRIGHT: (C)2003,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-77923

(P2003-77923A)

(43) 公開日 平成15年3月14日 (2003.3.14)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マ-ト\* (参考)

H 0 1 L 21/3205

H 0 1 L 21/88

M 5 F 0 3 3

23/52

23/52

A

23/538

D

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願2001-269834 (P2001-269834)

(22) 出願日 平成13年9月6日 (2001.9.6)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 本間 芳和

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 荻野 俊郎

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 100075753

弁理士 和泉 良彦 (外1名)

最終頁に続く

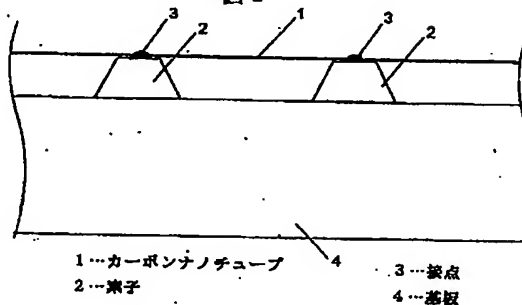
(54) 【発明の名称】 素子間配線

(57) 【要約】

【課題】 直径がナノメートル (nm) の極微細スケールでありながら、長さは制限を受けない構造を持ち、非常に高い機械的強度を有し、その電気伝導特性は構造や直径に応じて金属的にも半導体的にもなるカーボンナノチューブを用いて微細な素子間の配線を形成する。

【解決手段】 基板 (4) 上に形成した2個以上複数の微細な素子 (2) 同士の間を、基板 (4) に接触しない状態で中空に張った形のカーボンナノチューブ (1) を用いて電氣的に結合した素子間配線を形成する。また、基板上に絶縁層を形成して、絶縁層上に形成した2個以上複数の微細な素子同士の間を、絶縁層上を這わせた形のカーボンナノチューブを用いて電氣的に結合した素子間配線とすることもできる。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】基板上に形成した2個以上の複数の微細な素子同士の間を、上記基板に接触しない状態で中空に張った形のカーボンナノチューブを用いて電気的に結合してなることを特徴とする素子間配線。

【請求項2】基板上に絶縁層を形成して、上記絶縁層上に形成した2個以上の複数の微細な素子同士の間を、上記絶縁層上を這わせた形のカーボンナノチューブを用いて電気的に結合してなることを特徴とする素子間配線。

【請求項3】請求項1または請求項2において、上記カーボンナノチューブは電子供与体として1A族元素または2A族元素をドーピングするか、もしくは電子受容体として7B族元素または6B族元素をドーピングしてなることを特徴とする素子間配線。

【請求項4】請求項1または請求項2において、上記カーボンナノチューブとして、散乱をほとんど受けない伝導であるバリスティック伝導特性を有するカーボンナノチューブを使用することを特徴とする素子間配線。

【請求項5】請求項1または請求項2において、上記カーボンナノチューブとして、カーボンナノチューブの円周の一部に長手方向に連続的に電気的導体である金属層を堆積してなることを特徴とする素子間配線。

【請求項6】請求項1または請求項2において、上記カーボンナノチューブとして、カーボンナノチューブの円周の全体に長手方向に連続的に電気的導体である金属層を被覆してなることを特徴とする素子間配線。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体素子の集積回路における素子間の配線に係り、特に、極微細素子の集積回路における素子間配線に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体集積回路の配線には、アルミニウムや銅、高融点金属等が用いられている。これらは、層状に堆積された後、リソグラフィとエッチング工程を通じて微細なパターンの配線に成形されている。回路の高集積化に伴い配線も微細化しており、配線自体の抵抗値も無視できないものとなっている。これは、集積回路の消費電力を大きくする原因の一つとなっており、集積化が進むほど配線の総延長距離が長くなるため深刻な問題となる。

【0003】また、配線を微細化する場合、配線金属の加工性や下地との密着性の問題が顕著に現れてくる。このため、微細化がサブミクロン領域から10nmオーダーへと進むにつれ、抵抗値、加工性、基板との密着性、長期通電に対する信頼性のすべてを満たす配線材料の選択が困難になってきている。

【0004】一方、リソグラフィを用いた素子の高集積化・微細化は、物理的な限界に近づきつつあるばかりでなく、新技術の研究開発や製造設備に投じる費用が巨額

化するため、近い将来、現在の延長上での高集積化は破綻すると予想されている。このため、量子効果を利用する微細な素子の研究開発においては、リソグラフィに頼らずにナノスケールの構造（量子ドット）を自己組織的に形成する技術が検討されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述した自己組織化量子構造の形成は、量子ドットレーザーなどの光学素子や、磁性半導体量子ドットなど磁場の近接効果を利用する素子において、既に有用性が実証されている。しかし、量子ドットを電子素子として使用する場合には、量子ドット間の電子の輸送を可能にする配線が必要である。ところが、従来の自己組織化量子ドット形成技術は、ドット間配線に対する解決策を全く持ち合わせていない。このため、新たな配線形成技術の開発が望まれている。

【0006】本発明の目的は、上記従来技術における集積回路の配線の問題点を解決し、新規な微細なナノスケールの配線構造を提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記本発明の目的を達成するために、特許請求の範囲に記載のような構成とするものである。すなわち、請求項1に記載のように、基板上に形成した2個以上の複数の微細な素子同士の間を、上記基板に接触しない状態で中空に張った形のカーボンナノチューブを用いて電気的に結合した構成の素子間配線とするものである。

【0008】また、請求項2に記載のように、基板上に絶縁層を形成して、上記絶縁層上に形成した2個以上の複数の微細な素子同士の間を、上記絶縁層上を這わせた形のカーボンナノチューブを用いて電気的に結合した構成の素子間配線とするものである。

【0009】また、請求項3に記載のように、請求項1または請求項2において、上記カーボンナノチューブは電子供与体として1A族元素または2A族元素をドーピングするか、もしくは電子受容体として7B族元素または6B族元素をドーピングしてなる素子間配線とするものである。

【0010】また、請求項4に記載のように、請求項1または請求項2において、上記カーボンナノチューブとして、散乱をほとんど受けない伝導であるバリスティック伝導特性を有するカーボンナノチューブを使用した素子間配線とするものである。

【0011】また、請求項5に記載のように、請求項1または請求項2において、上記カーボンナノチューブとして、カーボンナノチューブの円周の一部に長手方向に連続的に電気的導体である金属層を堆積した構成の素子間配線とするものである。

【0012】また、請求項6に記載のように、請求項1または請求項2において、上記カーボンナノチューブと

して、カーボンナノチューブの円周の全体に長手方向に連続的に電気的導体である金属層を被覆した構成の素子間配線とするものである。

【0013】本発明は、カーボンナノチューブを配線として利用することを最も主要な特徴とするものである。カーボンナノチューブは、直径はナノメートル(nm)スケールでありながら、長さは制限を受けない構造を持ち、非常に高い機械的強度を有する。その電気伝導特性は、構造や直径に応じて金属的にも半導体的にもなる。

【0014】金属的なカーボンナノチューブでは、電気伝導における抵抗が電子の散乱によって決まるオーミック伝導とは異なり、散乱をほとんど受けない伝導であるバリスティック伝導を室温において示すことが知られている。また、半導体的なカーボンナノチューブについても、異種元素のドーピングにより抵抗値を大きく低下させられることが知られている。また、ドーピング材料として、リチウム(Li)、ナトリウム(Na)、カリウム(K)、ルビジウム(Rb)、セシウム(Cs)等のアルカリ金属元素(1A族元素)やストロンチウム(Sr)、バリウム(Ba)などの2A族元素が電子供与体として効果を持つことが知られており、また、臭素(Br)、ヨウ素(I)等のハロゲン元素(7B族元素)やセレン(Se)、テルル(Te)などの6B族元素は逆に電子受容体としてドーピング効果を持つことが知られている。

【0015】したがって、カーボンナノチューブを素子間の配線として用いることにより、金属配線の場合のような微細加工を施す必要がなく、抵抗の小さい微細な配線を得ることができる。また、機械的強度に優れたカーボンナノチューブを心材として用い、それに金属を堆積させることにより抵抗の小さい微細な配線を得ることも可能である。

【0016】

【発明の実施の形態】〈実施の形態1〉図1は、本発明の素子間配線における第1の実施の形態を例示する模式図である。図1において、1はカーボンナノチューブ、2は素子、3は接点、4は基板を示し、素子2同士を、基板4に接触しないように中空に張ったカーボンナノチューブ1を用いて電気的に結合している。カーボンナノチューブ1としては、金属的なものが配線としては好ましいが、半導体的なものでも導電性を得られる。半導体的なものでは、例えば臭素やカリウム等をドーピングすることにより抵抗を下げるができる。このドーピング材料としては、電子供与体としてLi、Na、K、Rb、Cs等のアルカリ金属元素があり、また、Br、I等のハロゲン元素は逆に電子受容体として用いることができる。

【0017】また、金属的で、かつナノチューブの構造に欠陥が少ない場合には、バリスティックな伝導が得られる。この場合には、高い電流密度を得ることができ

る。接点3は半導体などの素子2とカーボンナノチューブ1の電気的接触を得るためのもので、導電性の金属やカーボン等を用いることができる。カーボンナノチューブ1としては、素子2の形成後に化学気相成長法(CVD)により形成するか、あらかじめ他で合成したカーボンナノチューブを素子2の上に載置し電気的に接続することで配線として利用できる。なお、図1では2個の素子を結合する場合について記述したが、結合する素子数は2個に限らず、2個以上多数の素子を結合することが可能である。

【0018】〈実施の形態2〉図2は本発明の第2の実施の形態を例示する模式図である。図2において、1はカーボンナノチューブ、2は素子、3は接点、4は基板、5は絶縁層である。この場合には、素子2は絶縁層5の上に形成されており、カーボンナノチューブ1は絶縁層5が設けられた基板4の上を這う形に配線される。その他は実施の形態1と同様である。

【0019】〈実施の形態3〉図3は本発明の第3の実施の形態を示すものであって、カーボンナノチューブ1の配線の一部を例示する模式図である。図3において、1はカーボンナノチューブ、6は金属層である。この金属層6は室温で電気伝導率の高い金属である銅、銀、金、アルミニウム、タングステン等を用いることができる。また、蒸着した時の粒子が細かいという利点のある白金は、層厚を薄くするときに有効に用いられる。

【0020】本実施の形態においては、カーボンナノチューブ1の片側に長手方向に連続的に金属層6を堆積させることにより、金属層6を電気的導体とし、カーボンナノチューブ1を配線の構造材として好適に用いることができる。この場合は、カーボンナノチューブ1に欠陥が多く、電気抵抗が高い場合に適用できる。金属層6は蒸着やスパッタ法によりカーボンナノチューブ1の表面に形成することができる。なお、配線として利用する形態は、上記実施の形態1および2と同様である。

【0021】〈実施の形態4〉図4は本発明の第4の実施の形態を示すものであって、カーボンナノチューブ1の配線の一部を例示する模式図である。図4において、1はカーボンナノチューブ、7は金属層である。この金属層7は上記実施の形態3で用いた金属層6(図3)と同様に、室温で電気伝導率の高い銅、銀、金、アルミニウム、タングステン等を用いることができ、また蒸着した時の粒子が細かいという利点のある白金も層厚を薄くするときに有効に用いられる。

【0022】本実施の形態においては、カーボンナノチューブ1の円周全体を金属層7で被覆することにより、金属層7を電気的導体としてカーボンナノチューブ1を配線の構造材として好適に用いることができる。この場合は、上記実施の形態3と同様に、カーボンナノチューブ1に欠陥が多く、電気抵抗が高い場合に適用することができる。金属層7は両面からの蒸着やスパッタ法、あ

るいは溶液中で金属を堆積することにより形成することが可能である。その他、配線として利用する場合の形態は、上記実施の形態1および2と同様である。

【0023】

【発明の効果】以上説明したごとく、本発明のカーボンナノチューブを微細素子間の配線とすることにより、機械的強度と電気的特性の両方に優れたナノメートルサイズの配線を実現でき、目的に応じて極細の配線構造を提供することが可能となる。したがって、極微細素子の集積回路の実現に大きく寄与することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1で例示したカーボンナノチューブによる配線の構成を示す模式図。

【図2】本発明の実施の形態2で例示したカーボンナノ\*

\*チューブによる配線の構成を示す模式図。

【図3】本発明の実施の形態3で例示したカーボンナノチューブによる配線の構成を示す模式図。

【図4】本発明の実施の形態4で例示したカーボンナノチューブによる配線の構成を示す模式図。

【符号の説明】

1…カーボンナノチューブ

2…素子

3…接点

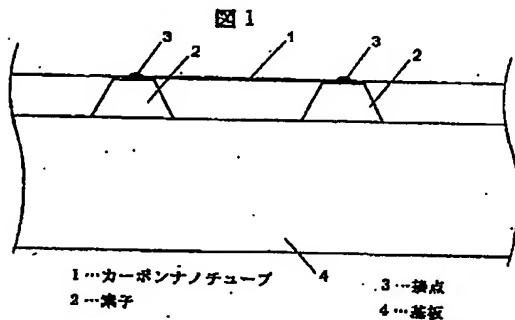
10 4…基板

5…絶縁層

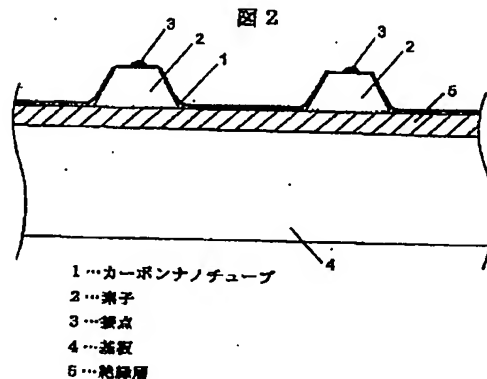
6…金属層

7…金属層

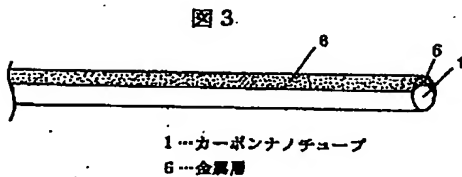
【図1】



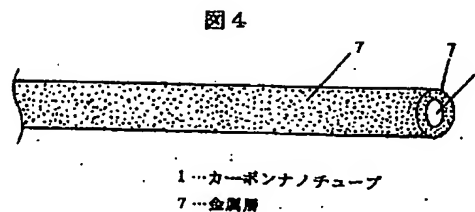
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 小林 慶裕  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内

Fターム(参考) 5F033 HH00 HH08 HH11 HH13 HH19  
LL01 MM04 MM17 PP06 RR30  
XX03